



Etude hydrogéologique du Cause de Sauveterre et de ses avant- causses [Secteur Est]

Synthèse des résultats

Rédaction N.Dörfliger, BRGM—Montpellier

n.dorfliger@brgm.fr

Juillet 2007



Objectifs de l'étude hydrogéologique du Causse de Sauveterre et de ses avant-causses — Secteur Est

Depuis plusieurs années, les Causses font l'objet d'études hydrogéologiques inscrites dans une démarche globale de connaissance et d'évaluation des ressources en eaux souterraines en vue notamment de les protéger.

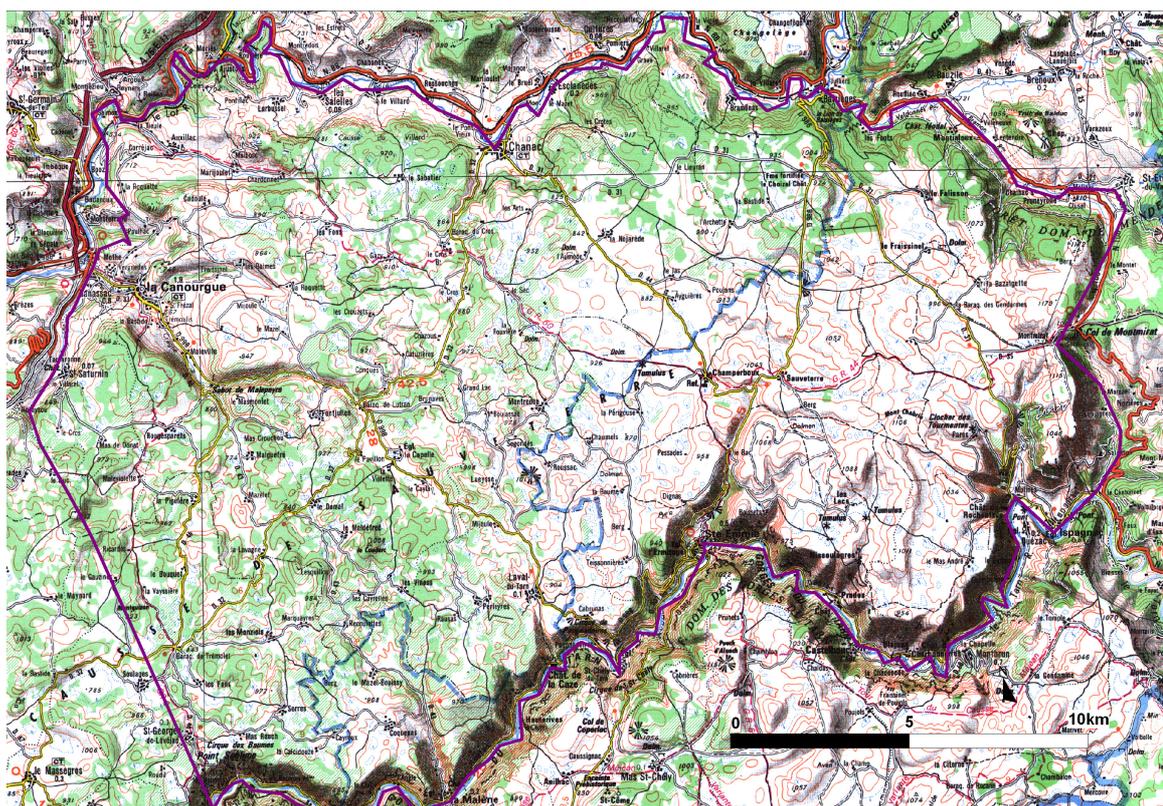
Le Conseil Général de la Lozère, assisté techniquement par le Parc Naturel Régional des Grands Causses, est à l'initiative de cette étude hydrogéologique du Causse de Sauveterre et de ses avant-causses (secteur Est).

Les objectifs de l'étude hydrogéologique du Causse de Sauveterre subdivisée en 5 lots étaient:

- la détermination des bassins d'alimentation des sources avec l'identification des différents systèmes karstiques
- La connaissance de la structure et du fonctionnement de ces systèmes
- L'évaluation de la ressource en eau
- L'évaluation de la vulnérabilité de cette ressource et de l'impact des activités humaines sur la qualité de l'eau
- L'élaboration d'un document d'aide à la décision pour la protection de la ressource en eau.

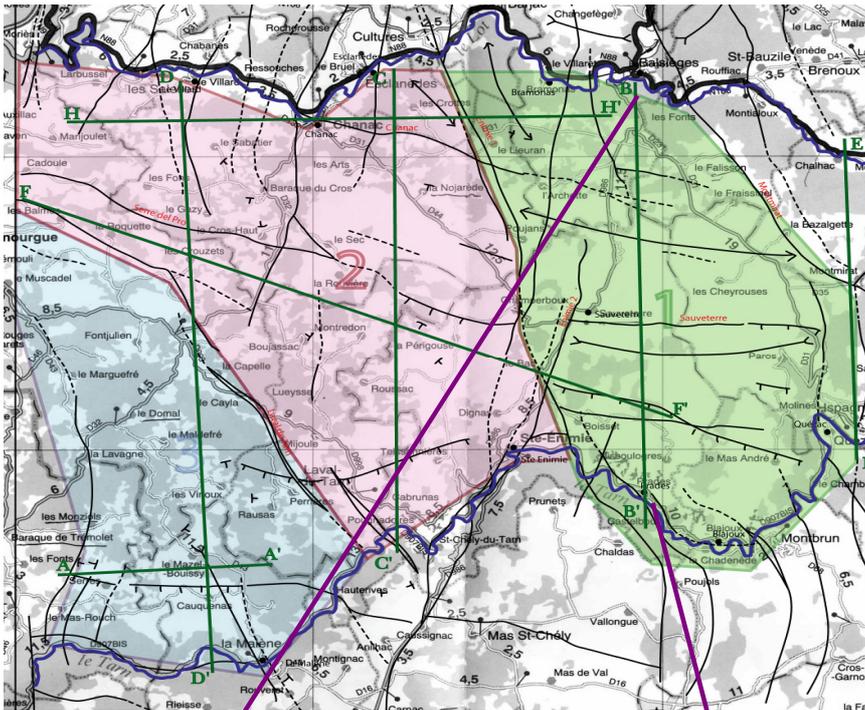
Pour mener à bien cette étude, le BRGM s'est associé à EWTS (Philippe Meus, Dr ès sc. Hydrogéologue) en Belgique, en tant que sous-traitant pour les essais de traçage, ainsi qu'à GAEA ingénierie de Perpignan pour l'instrumentation de stations hydrométriques au niveau de sources et l'acquisition de débits des sources.

Zone d'étude du Causse de Sauveterre et de ses avant-causses — Secteur Est



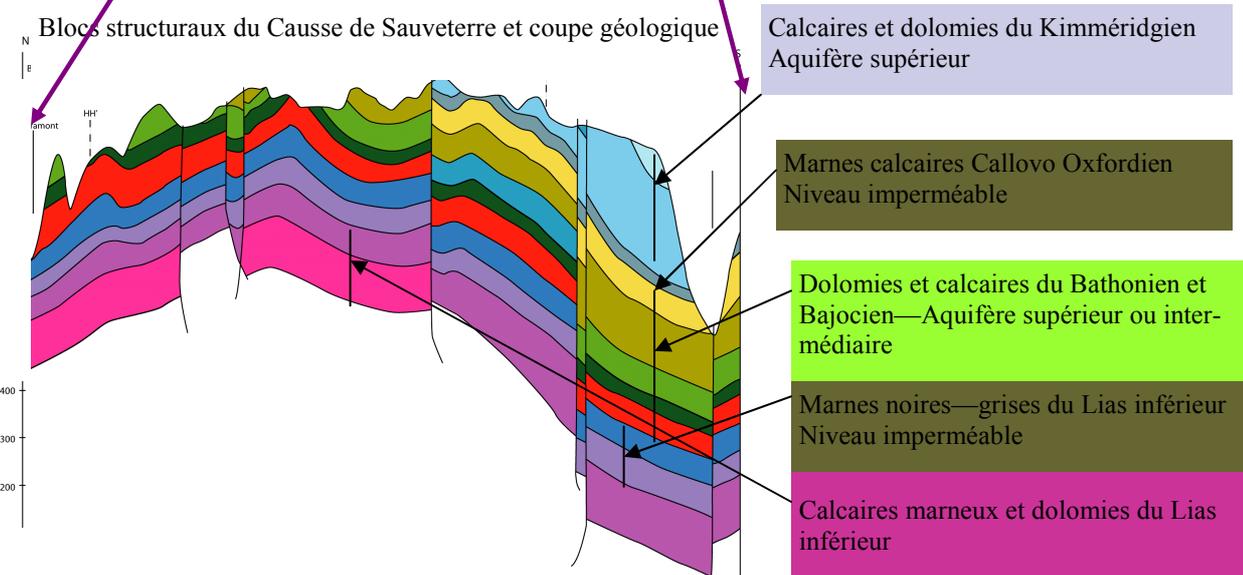
Lot 1: Géologie, tectonique et géomorphologie du Causse de Sauveterre — Secteur Est

Le Causse de Sauveterre est un plateau au sous-sol composé de formations carbonatées, délimité au Sud et au Nord par deux vallées, respectivement celle du Tarn et du Lot. Cet ensemble n'est pas homogène tant du point de vue des épaisseurs, de la nature des formations que du point de vue de la distribution des plis et des failles. Deux axes compressifs de déformation marquent le Causse, de direction N-S et un autre de direction E-W. Ces contraintes ont induit une déformation du Causse. Trois blocs structuraux d'Est en Ouest, séparés par de grandes failles N-S sont présents au niveau du Causse de Sauveterre.



Du point de vue géomorphologique, le paysage est très marqué par la nature lithologique des formations géologiques présentes. Les morphologies caractéristiques d'un environnement carbonaté karstifié sont présentes avec :

- Des dolines, dépressions fermées plurimétriques, le plus souvent remplies d'argiles et de matériaux fins. Elles sont cultivées en particulier dans les parties centrales et orientales du Causse.
- De grandes dépressions fermées à fond plat, associées à des lacs temporaires, comme à Grand Lac.
- Des vallons fluvio-karstiques et des vallées sèches.



Lots 2 et 3: Caractérisation hydrologique et hydrochimique du Causse de Sauveterre

| | Source | Qmin (l/s) | Qmax (l/s) | Qmoy (l/s) | Vinterannuel (Mm3) | α | i | K | Effet mémoire (j) | Réponse impulsionnelle | Degré de karstification |
|-----------------------------|-----------|------------|------------|------------|--------------------|----------|------|-----|-------------------|------------------------|-------------------------|
| Causse Sauveterre Coté Tarn | Burle | 100 | 30500 | 630 | 13.4 | 0,002 | 0,25 | 0,4 | 10 | pointue | +++ |
| | Angle | 30 | 3300 | 70 | 2 | 0,0025 | 0,7 | 0,9 | 40 | intermédiaire | ++ |
| | Famounet | 30 | 630 | 70 | 1,2 | 0,0008 | 0,7 | 3,2 | 50 | étalée | + / ++ |
| Causse Méjan | St Chély | 20 | 1200 | 110 | 3,7 | 0,001 | 0,35 | 0,7 | 30 | pointue | +++ |
| | Cénarète | 10 | 3900 | 55 | 2,2 | 0,008 | 0,4 | 0,2 | 28 | pointue | +++ |
| Causse Sauveterre Coté Lot | Les Fonts | 10 | 1050 | 80 | 3,7 | 0,01 | 0,5 | 0,4 | 88 | intermédiaire | ++ |
| | Bernade | 18 | 90 | 33 | 1 | 0,005 | 0,98 | 0,8 | 98 | étalée | + |
| | St Frézal | 140 | 750 | 250 | 8,1 | 0,0015 | 0,6 | 1,7 | 56 | intermédiaire | ++ |
| | Golf | 100 | 330 | 170 | | | | | | | |
| | Urugne | 30 | 2440 | 120 | 4 | 0,002 | 0,4 | 0,5 | 6 | pointue | +++ |

Tableau des principales caractéristiques des sources karstiques du Causse de Sauveterre

L'analyse des variations temporelles des débits en relation avec les précipitations selon différentes méthodes classiquement utilisées en hydrogéologie karstique a permis de mettre en évidence que de manière générale les systèmes karstiques du Causse de Sauveterre ne sont pas caractérisés par des degrés de karstification importants. Seules deux sources à savoir la **source de Burle** (côté Tarn) et la **source d'Urugne** (côté Lot) sont typiques de systèmes bien karstifiés. En dehors de la source de la Bernade caractéristique d'une source de milieu fissuré captif et de la source de Famounet caractérisée par un degré de karstification limité, les autres sources étudiées sont caractérisées par des réactions inertielles importantes suite à des précipitations, traduisant d'une part des zones d'infiltration d'une épaisseur importante et hétérogène et d'autre part une karstification modérée de la zone noyée (conduits karstiques mal connectés et peu développés — extension limitée). Le tableau ci-dessus résume les principales caractéristiques des systèmes en terme de débit, d'effet mémoire traduisant l'inertie du système (plus la valeur est importante plus le système est inertiel) et le degré de karstification.

Du point de vue des réserves en eau, la **source de Burle** est la plus importante du Causse de Sauveterre du secteur Est. Les débits varient sur la période d'étude entre 100 et 30 000 l/s. C'est un système bien karstifié possédant une zone d'infiltration bien connectée à la zone noyée renfermant un réseau de conduits, et un volume de réserves estimé à **5 millions de m³**, par rapport à un volume interannuel s'écoulant à la source de 13 millions de m³. Une **exploitation par pompage** à l'aide d'un forage réalisé dans la zone noyée sous le drain proche de l'exutoire permettrait une optimisation de la gestion et une augmentation de la productivité en période d'étiage. Seule la réalisation d'essais de pompage après réalisation d'un forage permettrait de déterminer les conditions optimales d'exploitation.



La **source d'Urugne** est une source ayant un réseau de conduits se développant au voisinage de l'exutoire. Le système est peu inertiel, avec un effet mémoire de l'ordre d'une semaine. C'est un système bien karstifié, possédant un volume de réserves relativement important avec quelques **2 millions de m³**. L'exploitation actuelle par pompage au niveau du champ captant est tout à fait appropriée.



Du point de vue **hydrochimique**, l'ensemble des eaux des sources du Causse de Sauveterre est de type bicarbonaté calcique, ce qui est conforme à l'hydrochimie des eaux ayant circulé au contact de formations carbonatées (calcaires et dolomies). Pour les sources principales qui ont fait l'objet d'un suivi bimestriel, une distinction des eaux peut être réalisée à l'aide des teneurs en magnésium. Les teneurs élevées en magnésium sont à rattacher aux formations géologiques qui contiennent des dolomies. Les analyses des isotopes de l'eau et de l'oxygène ont confirmé que les systèmes sont rechargés par les précipitations s'infiltrant au niveau du Causse de Sauveterre. De plus, les analyses de Tritium permettant de dater les eaux (pour les 40 dernières années) mettent en évidence que les eaux s'écoulant au niveau des sources résultent d'eaux infiltrées récemment (pluies actuelles de l'année voir de l'année précédente). Aucune composante profonde d'eaux anciennes ne participe aux écoulements des sources analysées.

Du point de vue de la **qualité bactériologique**, il est important de noter que des drainages vers les eaux souterraines en provenance soit d'épandages d'origine agricole ou d'assainissement individuel prennent place au niveau des bassins d'alimentation de ces différentes sources. L'ensemble des dix principales sources analysées présentent des teneurs en ***Escherichia coli*** ou **coliformes totaux** supérieurs à 0 (norme de potabilité). Ces sources étant en grande majorité utilisées pour l'alimentation en eau potable, on constate qu'un traitement par chloration au niveau de réseau de distribution est indispensable, afin d'éviter tout problème de santé publique.

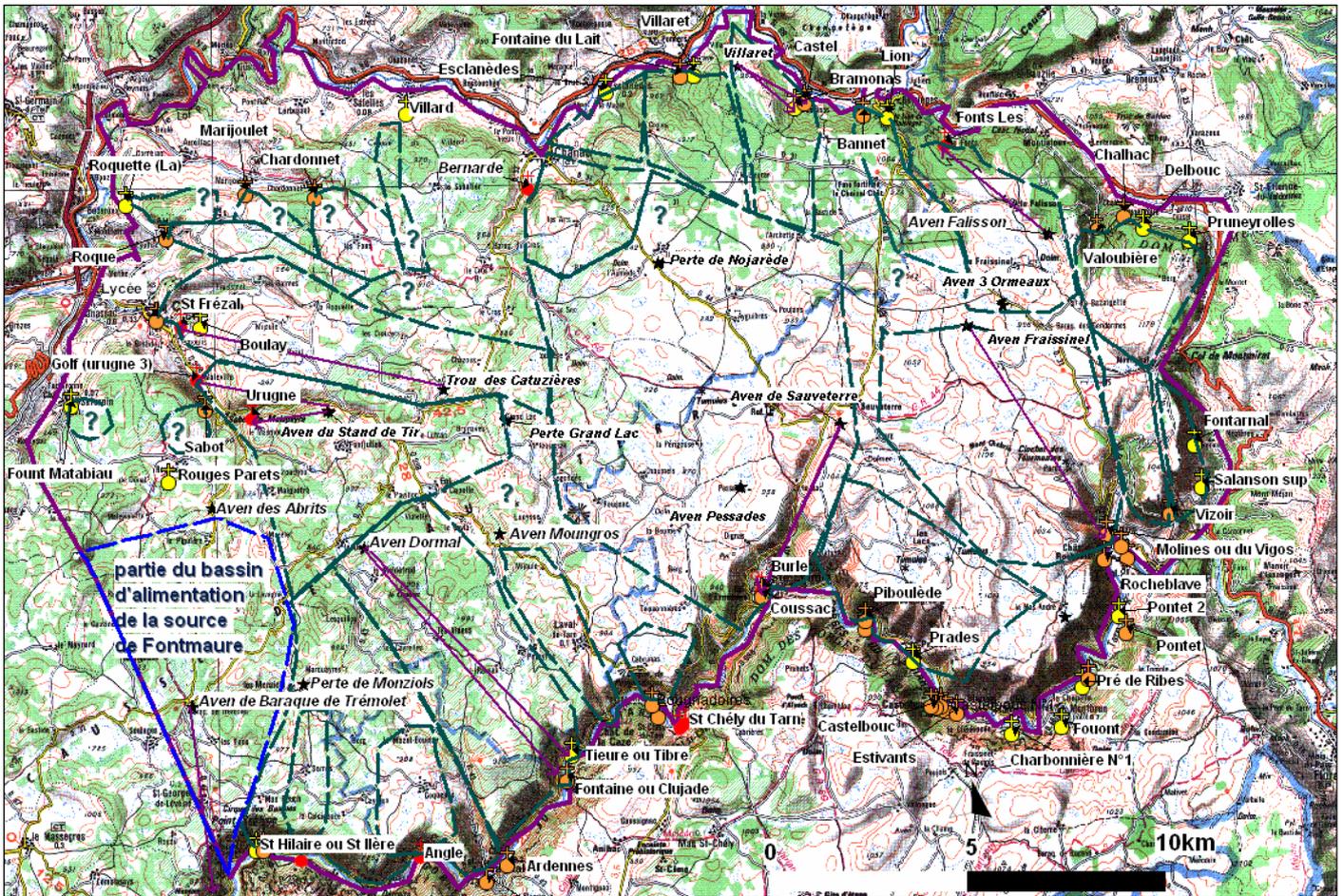
Concernant les **substances indésirables ainsi que les nitrates et les pesticides**, toutes les substances mesurées pour les périodes de basses et de hautes eaux pour les mêmes sources ayant fait l'objet d'analyse microbiologique sont **en dessous des limites de qualité** (normes pour la consommation de l'eau). Ainsi, du point de vue de la qualité de l'eau des différentes sources, mis à part les analyses microbiologiques qui traduisent la vulnérabilité des sources vis-à-vis des pollutions d'origine anthropique (agricoles, assainissement individuel), **les eaux des sources sont de bonne qualité.**

Lot 4: Essais de traçage artificiels

Deux campagnes de traçage ont été réalisées en novembre 2005 et avril 2006 sur la partie est du Causse de Sauveterre. Au total ce sont 16 points d'injection répartis en 6 groupes qui ont fait l'objet d'injection de trois types de traceurs artificiels (uranine, naphthionate et amidorhodamine G (= sulforhodamine)).



Ces essais de traçage ont permis de mettre en évidence une douzaine de relations (sur les 16 injections réalisées) entre des pertes ou des avens situés sur le Causse et les sources situées dans les vallées du Lot et du Tarn, et ainsi de préciser les bassins d'alimentation et les modalités du transfert éventuel des polluants (vitesse de transit, pourcentage de traceur restitué à la source). Ces résultats concernent des sources captées pour l'alimentation en eau potable (AEP) (Urugne, Saint Fréal, les Fonts, Moline, Burle) et des sources non captées (Golf, Castel, Bramonas, Coussac, Fontmaure, Tieure, Fontaine). Les autres sources suivies, soit une vingtaine, n'ont pas été atteintes les traceurs. Les vitesses maximales (temps de 1^{ère} arrivée des traceurs) s'échelonnent entre 7 et 108 m/h, avec une moyenne de 43 m/h, caractéristiques de milieux karstiques. Les taux de restitution restent en général inférieurs à quelques pourcents, à l'exception des restitutions aux sources d'Urugne, Burle et Moline.



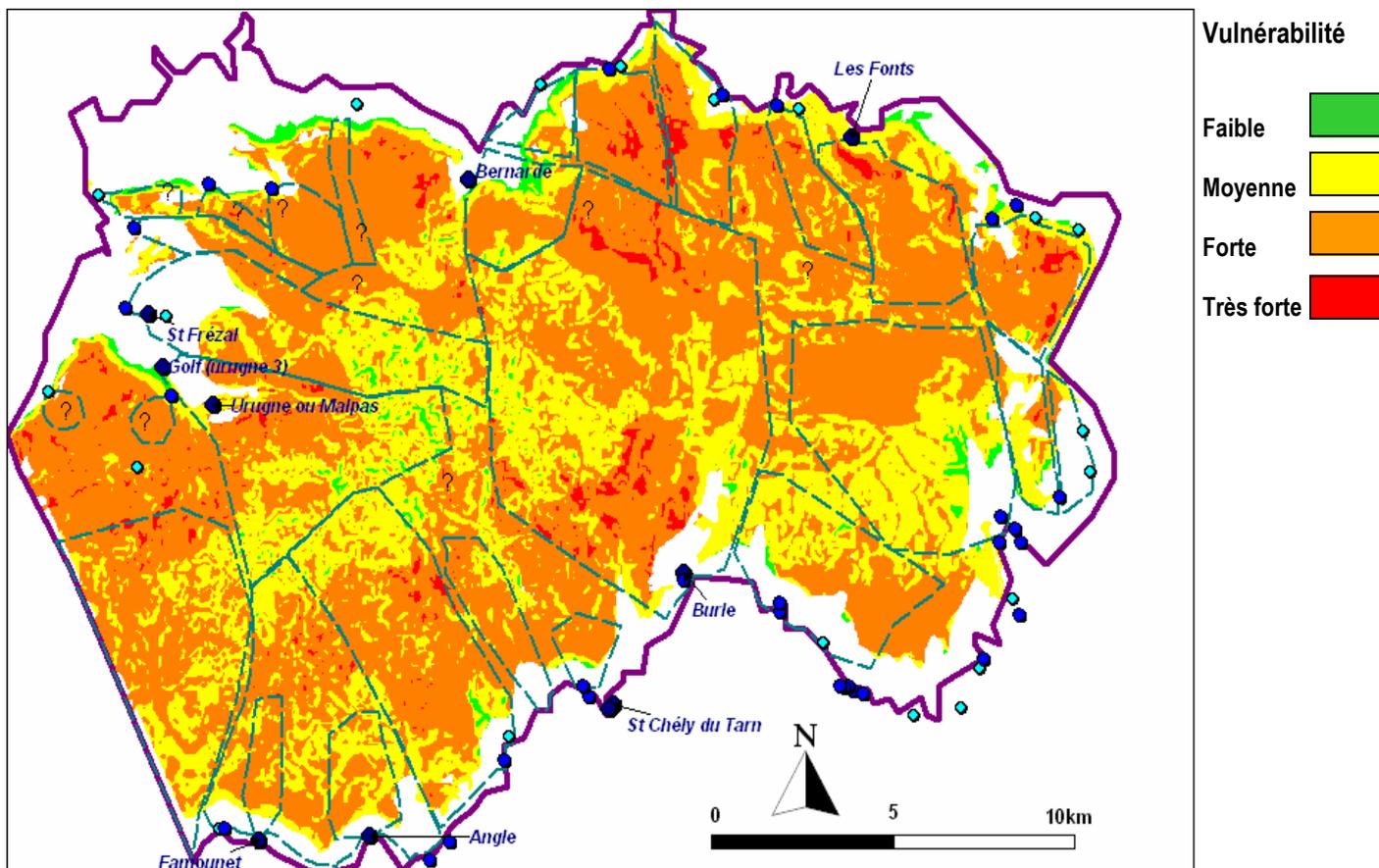
Délimitation des bassins d'alimentation souterrains des sources du Causse de Sauveterre — secteur Est.

Des propositions de **délimitation de bassins d'alimentation** de sources ou de groupes de sources ont été effectuées au terme de cette étude sur la base des essais de traçage, de la géologie structurale ainsi que sur la base des bilans hydrologiques.

Des incertitudes quant à certaines limites demeurent notamment au niveau de la limite nord du bassin de la source de Burle par exemple, ainsi qu'au niveau de petites sources ou groupes de sources.

Le bilan hydrologique estimé à partir des principales sources et des débits ponctuels des sources mineures ne permet pas de couvrir l'ensemble de la superficie du Causse. On ne peut exclure qu'une partie des écoulements contribue à l'alimentation du Tarn.





Cartographie de la vulnérabilité du Causse de Sauveterre — secteur Est.

La vulnérabilité intrinsèque est le terme utilisé pour représenter les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques naturelles qui déterminent la sensibilité des eaux souterraines à la contamination par les activités humaines.

La méthode de cartographie de vulnérabilité RISK développée spécifiquement pour les aquifères karstiques à partir de la méthode EPIK, a été utilisée sur le Causse de Sauveterre.

Quatre paramètres ont été cartographiés intégrant des données pédologiques, morphologiques, de pente, lithologiques et d'intensité de karstification selon les différents bassins d'alimentation des sources.

La vulnérabilité du Causse de Sauveterre est caractérisée par une vulnérabilité moyenne à forte, traduisant ses propriétés karstiques. Les dolines sont toutes confondues dans les zones de vulnérabilité forte (orange). Les plages de vulnérabilité très forte (rouge) sont disséminées essentiellement dans la partie occidentale et centrale du Causse, résultantes de l'effet conjugué du critère infiltration et d'une faible couverture pédologique.

La carte résultante a été confrontée aux pressions polluantes recensées par le SIVOM Grand Causse. Les zones boisées occupent une grande partie du Causse, là où la vulnérabilité est soit moyenne (jaune), soit forte à très forte. Les zones cultivées se trouvent essentiellement dans les zones de moyenne vulnérabilité à forte vulnérabilité. Certaines zones du bassin d'alimentation de la source de Burle sont en zones de très forte vulnérabilité; elles sont susceptibles de recevoir des boues d'épandage.

Cette carte constitue un outil de gestion pour la protection de la ressource, sans pour autant interdire toute activité, ce qui ne serait pas cohérent avec la bonne qualité chimique des eaux des sources, le problème principal étant une contamination bactériologique.

En bref...

L'étude hydrogéologique du Causse de Sauveterre, partie orientale, effectuée en 5 lots distincts a permis de répondre aux objectifs de l'étude tels que fixés au sein du cahier des charges et des clauses techniques particulières.

Du point de vue **géologique**, la structure des formations hydrogéologiques a été précisée à l'aide de cartes d'égale altitude de la partie sommitale des formations imperméables séparant les différents aquifères. Ces informations ont été utiles pour l'organisation des essais de traçage et pour la délimitation des bassins d'alimentation des sources.

Du point de vue **géomorphologique et pédologique**, si aucune carte pédologique détaillée n'a été établie, néanmoins des mesures d'infiltration ainsi qu'une reconnaissance de terrain avec des sondages ponctuels à la tarière manuelle pour déterminer l'épaisseur des sols, ont permis de confirmer le caractère hétérogène des sols en contexte carbonaté et karstique du point de vue de l'infiltration et d'autre part d'établir une carte des épaisseurs des formations superficielles et des dolines fort nombreuses. Cette carte a été utilisée dans le cadre de l'établissement de la carte de vulnérabilité.

Du point de vue **hydrogéologique**, les principales caractéristiques ont été déduites de l'analyse des chroniques de débits et des analyses hydrochimiques.

La **source de Burle** constitue une ressource importante, qui pourrait être faire l'objet d'une gestion active par pompage dans le drain voir en dessous ; il serait possible d'exploiter à des débits supérieurs au débit d'étiage en été, les réserves se reconstituant rapidement lors des périodes hivernales. Des investigations complémentaires avec des essais de pompage permettraient de déterminer les conditions d'exploitation, si des besoins en ressources existaient.

Un suivi de la **source de Molines** pourrait être intéressant afin de caractériser ses réserves, de décrire et modéliser son comportement hydrodynamique.

Un **suivi sur plusieurs cycles hydrologiques des sources utilisées pour l'AEP telles qu'Urugne, St-Frézal et Burle** permettrait de reconstituer l'hydrogramme des sources, de disposer d'un modèle permettant de tester des scénarios prédictifs en termes de réponse à la source à des scénarios de précipitation différents et contrastés.

Du point de vue de la **qualité de l'eau**, mis à part la sensibilité des sources aux contaminations microbiologiques, les eaux des sources sont de bonne qualité.

Une **carte de vulnérabilité** a été dressée, mettant en évidence une vulnérabilité moyenne à forte du Causse, dont des zones renfermant des zones cultivées susceptibles d'épandage de boues, ou encore d'anciens sites ICPE. Cette carte doit servir d'outil de gestion et permettre d'envisager des études plus détaillées environnementales en fonction des projets.